

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Teori Utama

1. Bunyi

Bunyi (*sound*) adalah gelombang getaran mekanis dalam udara atau benda padat yang masih bisa ditangkap oleh telinga normal manusia, dengan rentang frekuensi antara 20 – 20.000 Hz. Kepekaan telinga manusia terhadap rentang ini semakin menyempit sejalan dengan penambahan umur. Bunyi udara (*airborne sound*) adalah bunyi yang merambat lewat udara. Bunyi struktur (*structural sound*) adalah bunyi yang merambat melalui struktur bangunan.¹

Gelombang bunyi merupakan gelombang *longitudinal* yang terjadi karena perapatan dan perenggangan dalam medium gas, cair atau padat. Gelombang itu dihasilkan ketika sebuah benda, seperti garputala atau senar biola, yang digetarkan dan menyebabkan gangguan kerapatan medium. Gangguan dijalarkan di dalam medium melalui interaksi molekul-molekulnya. Getaran molekul tersebut berlangsung sepanjang arah penjalaran gelombang. Seperti dalam kasus gelombang pada tali, hanya gangguan yang dijalarkan; sementara molekul-molekul itu sendiri hanya bergetar ke belakang dan ke depan di sekitar posisi kesetimbangan.²

¹ Prasasto Satwiko, *Fisika Bangunan*, Yogyakarta: ANDI, 2009, h. 264.

² Paul A. Tipler, *Fisika Untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 1*, (terj.) Prasetio, Jakarta: Erlangga, 1998, h. 505.

Gelombang bunyi dibagi menjadi tiga kategori:

- a. Gelombang infrasonik dengan frekuensi < 20 Hz.
- b. Gelombang audiosonik dengan frekuensi 20-20.000 Hz.
- c. Gelombang ultrasonik dengan frekuensi > 20.000 Hz.

2. Laju Gelombang Bunyi

Laju gelombang bunyi, seperti laju gelombang pada tali, juga bergantung pada sifat medium. Untuk gelombang bunyi dalam fluida seperti udara atau air, laju v diberikan oleh

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (2.1)$$

Dengan ρ adalah rapat kesetimbangan medium dan B adalah modulus limbak (*bulk modulus*). Untuk gelombang bunyi pada suatu batang padat dan panjang, modulus limbak digantikan oleh modulus Young Y .

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \quad (2.2)$$

Dengan membandingkan persamaan 2.1 dan 2.2 untuk laju gelombang bunyi dengan persamaan untuk laju gelombang tali, kita dapat melihat bahwa secara umum, laju gelombang bergantung pada,

- a. Elastisitas medium, yaitu tegangan untuk gelombang tali dan modulus limbak atau modulus Young untuk gelombang bunyi.
- b. Sifat inersial medium, yaitu rapat massa linier atau rapat masa volume.

Untuk gelombang bunyi dalam gas seperti udara, modulus limbak berbanding lurus dengan tekanan, yang dengan sendirinya sebanding

denga kerapatan ρ dan temperature mutlak T . Rasio B/ρ dengan demikian tak bergantung dengan volume maupun pada tekanan, dan hanya sebanding dengan temperature mutlak T . Untuk gelombang bunyi dalam gas, persamaan 2.1 ekivalen dengan

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (2.3)$$

Dalam persamaan ini, T merupakan temperatur mutlak yang diukur dalam kelvin (K), yang dihubungkan dengan temperatur Celcius t_c oleh

$$T = t_c + 273 \quad (2.4)$$

Konstanta R adalah konstanta universal, yang mempunyai nilai

$$R = 8,314 \frac{J}{mol} \cdot K \quad (2.5)$$

Konstanta M adalah massa molar gas (yaitu, massa 1 mol gas), untuk udara bernilai

$$M = 29 \times 10^{-3} kg/mol \quad (2.6)$$

Dan γ merupakan konstanta yang bergantung pada jenis gas, dan untuk udara mempunyai nilai 1,4.³

³ *Ibid*, h. 507

Berikut tabel laju bunyi pada beberapa medium:

Tabel 2.1. laju bunyi pada beberapa medium⁴

Medium	Laju (m/detik)
Gas	
Udara (0°C)	331
Udara (20°C)	343
Helium	965
Hydrogen	1284
Zat cair	
Air (0°C)	1402
Air (20°C)	1482
Air laut (20°C dan 3,5% kadar garam)	1522
Zat padat	
Aluminium	6420
Baja	5941
Granit	6000

3. Persamaan Gelombang Bunyi

Persamaan gelombang bunyi disajikan dengan uraian penerapan hukum Hooke dan hukum Newton. Penerapan akan digunakan untuk membahas perambatan gelombang bunyi di dalam fluida dimana dalam hal ini digunakan medium gas sebagai bahan kajian. Diasumsikan gas dengan massa tetap m , menempati ruangan V_0 dengan tekanan P_0 dan massa jenis ρ_0 . Harga-harga tersebut menunjukkan keadaan kesetimbangan. Bila gas diganggu atau mengalami deformasi karena kompresi dan peregangan

⁴ David Halliday, *Fisika Dasar Edisi Ketujuh Jilid 1*, Jakarta: Erlangga, 2010, h. 481.

akibat gelombang bunyi. Akibat pengaruh dari gelombang bunyi tersebut maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanannya menjadi} & \quad P = P_0 + p \\
 \text{Volumenya menjadi} & \quad V = V_0 + v \\
 \text{Massa jenisnya menjadi} & \quad \rho = \rho_0 + \rho_d \quad (2.7)
 \end{aligned}$$

Perbandingan perubahan volume disebut dilatasi, dirumuskan $\frac{v}{V_0} = \delta$ dan perbandingan perubahan massa jenis disebut kondensasi, dirumuskan $\frac{\rho_d}{\rho_0} = s$.

Apabila m_0 mewakili massa gas pada keadaan setimbang dan m mewakili massa gas pada keadaan tidak setimbang, maka:

$$\begin{aligned}
 m_0 &= m \\
 \rho_0 V_0 &= \rho V \\
 \rho_0 V_0 &= (\rho_0 + \rho_d)(V_0 + v) \\
 \rho_0 V_0 &= \rho_0 \left(1 + \frac{\rho_d}{\rho_0}\right) V_0 \left(1 + \frac{v}{V_0}\right) \\
 \rho_0 V_0 &= \rho_0 (1 + s) V_0 (1 + \delta) \\
 (1 + \delta)(1 + s) &= 1 \\
 s &= -\delta \quad (2.8)
 \end{aligned}$$

Harga δ dan s menunjukkan sifat keelastisan gas. Karena gas bersifat dapat dimampatkan, maka volumenya berubah sesuai dengan perubahan tekanan. Akibatnya, konstanta untuk kasus perambatan bunyi di dalam medium gas adalah modulus Bulk, yang didefinisikan sebagai:

$$B = -\frac{dP}{dV/V} = -V \frac{dP}{dV} \quad (2.9)$$

Bila gas tersebut mengalami proses adiabatik maka akan terpenuhi

$$PV^\gamma = \text{konstan} \quad (2.10)$$

dengan γ adalah perbandingan antara kalor jenis gas pada tekanan konstan dengan kalor jenis gas pada volume konstan. Apabila persamaan (2.10) diturunkan, maka:

$$\begin{aligned} V^\gamma dP + P\gamma V^{\gamma-1} dV &= 0 \\ -V^\gamma dP &= P\gamma V^{\gamma-1} dV \\ -V^\gamma dP &= \frac{P\gamma V^\gamma dV}{V} \\ -V dP &= P\gamma dV \\ -V \frac{dP}{dV} &= P\gamma \end{aligned} \quad (2.11)$$

Berdasarkan persamaan (2.9) maka:

$$B = P\gamma \quad (2.12)$$

Dengan B adalah modulus Bulk pada kondisi adiabatik dan $P = P_0 + p$.

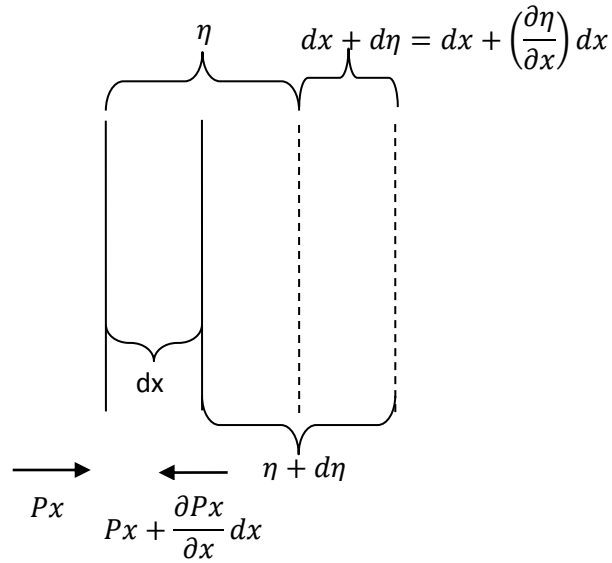
Jika $P = P_0 + p$ maka $dP = p$ dan jika $V = V_0 + v$ maka $dV = v$.

Substitusi persamaan (2.9):

$$B = -\frac{p}{v/V_0} \quad (2.13)$$

$$P = -B\delta = Bs \quad (2.14)$$

Dalam gelombang bunyi, baik simpangan partikel maupun kecepatan rambatnya keduanya berada pada sumbu x dan ditetapkan koordinat η untuk mendefinisikan simpangannya. Untuk mendapatkan persamaan gelombang bunyi ditinjau gerakan dari sebuah elemen tipis gas dengan ketebalan dx .



Gambar 2.1. Gelombang longitudinal dalam gas⁵

Elemen tipis gas ini dipengaruhi oleh gelombang bunyi yang merambat melaluinya, sehingga partikel pada x memiliki simpangan sejauh η dan pada $x + dx$ memiliki simpangan sejauh $\eta + d\eta$. Sehingga perubahan ketebalan elemen gas tersebut:

$$\frac{d\eta}{dx} = \frac{\partial \eta}{\partial x}$$

Dengan demikian ukuran volume awal elemen gas tersebut V_0 diwakili oleh dx , sementara ukuran perubahan volume elemen gas tersebut v diwakili oleh $d\eta$. Dengan mensubstitusikan persamaan di atas, maka nilai v :

$$v = d\eta = \frac{\partial \eta}{\partial x} dx$$

Dimana $\delta = \frac{v}{V_0}$, maka:

⁵ H.J. Pain, *The Physics of Vibrations and Wave – 6th ed.* John Wiley & Sons., Chicester, 2005, h. 151-

$$\delta = \frac{d\eta}{dx} \quad \delta = \frac{\frac{\partial \eta}{\partial x} dx}{dx} \quad \delta = \frac{\partial \eta}{\partial x} \quad (2.15)$$

Sehingga

$$-s = \frac{\partial \eta}{\partial x}$$

Dengan $\frac{\partial \eta}{\partial x}$ disebut sebagai regangan.

Medium yakni gas, terdeformasi akibat tekanan sepanjang sumbu x pada salah satu sisi dari elemen tipis gas tersebut. Sehingga gaya yang bekerja antara kedua sisi elemen tipis gas tersebut tidaklah setimbang.

Gaya yang bekerja pada elemen luasan tersebut adalah:

$$\begin{aligned} P_x - P_{x+dx} &= P_x - (P_x + \frac{\partial P_x}{\partial x} dx) \\ &= -\frac{\partial P_x}{\partial x} dx = \frac{\partial}{\partial x} (P_0 + p) dx \\ &= -\frac{\partial p}{\partial x} dx \end{aligned} \quad (2.16)$$

Massa elemen gas tersebut adalah $\rho_0 dx$, sementara percepatan getarnya adalah turunan kedua simpangan getar terhadap waktu, $a = \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2}$.

Berdasarkan hukum Newton II:

$$\begin{aligned} F &= ma \\ -\frac{\partial p}{\partial x} dx &= \rho_0 dx \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} \end{aligned} \quad (2.17)$$

Dari persamaan (2.15) dan (2.16):

$$p = -B\delta = -B \frac{\partial \eta}{\partial x}$$

Sehingga:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = -B \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2}$$

Substitusi persamaan di atas ke persamaan (2.17):

$$\begin{aligned}
 -\frac{\partial p}{\partial x} dx &= \rho_0 dx \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} \\
 B \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} &= \rho_0 \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} \\
 \frac{B}{\rho_0} \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} &= \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2}
 \end{aligned} \tag{2.18}$$

Dimana $c^2 = \frac{B}{\rho_0}$, dengan c adalah cepat rambat gelombang bunyi.

Sehingga persamaan (2.18) menjadi:

$$\begin{aligned}
 c^2 \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} &= \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} \\
 \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} &= \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2}
 \end{aligned} \tag{2.19}$$

Persamaan (2.19) di atas merupakan persamaan gelombang bunyi.⁶

4. Gelombang Dalam Tiga Dimensi

Gelombang-gelombang ditimbulkan oleh sumber titik yang bergerak naik dan turun dengan gerak harmonis sederhana. Panjang gelombang dalam kasus ini adalah jarak puncak-puncak gelombang berturutan, yang merupakan lingkaran-lingkaran konsentrik. Lingkaran-lingkaran ini disebut muka gelombang. Untuk sumber bunyi berupa titik, gelombang dipancarkan dalam tiga dimensi. Gelombang-gelombang bergerak keluar ke semua arah, dan muka gelombang merupakan permukaan-permukaan bola yang konsentrik.

⁶ *Ibid*, h. 151

Jika sumber titik memancarkan gelombang secara seragam ke semua arah, energi pada jarak r dari sumber akan terdistribusi secara seragam pada kulit bola berjari-jari r dan luas $4\pi r^2$. Jika P adalah daya yang dipancarkan oleh sumber, daya per satuan luas pada jarak r dari sumber akan menjadi $P/4\pi r^2$. Daya rata-rata per satuan luas yang datang tegak lurus terhadap arah penjaran disebut intensitas. Intensitas gelombang tiga dimensi bervariasi berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari sumber titik.⁷

5. Material Akustik

Akustik (*acoustics*) adalah ilmu tentang bunyi. Akustik sering dibagi menjadi akustik ruang (*room acoustics*) yang menangani bunyi-bunyi yang dikehendaki dan control kebisingan (*nois control*) yang menangani bunyi-bunyi yang tak dikehendaki⁸

Material akustik adalah material yang berfungsi untuk menyerap bunyi atau bising. Penyerapan bunyi adalah perubahan energi bunyi yang datang dari sumber bunyi menjadi suatu bentuk lain (biasanya panas) ketika melewati suatu bahan atau ketika menumbuk suatu permukaan. Jumlah panas yang dihasilkan pada perubahan energi ini adalah sangat kecil sehingga secara makroskopis tidak akan terlalu terasa perubahan temperatur pada bahan tersebut.

⁷ Paul A. Tipler, *Fisika Untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 1*, (terj.) Prasetio, Jakarta: Erlangga, 1998, h. 513

⁸ Prasasto Satwiko, *Fisika Bangunan*, Yogyakarta: ANDI, 2009, h. 264.

Pada umumnya, karakter fisik bahan menentukan kegunaanya, seperti terlihat pada tabel berikut. Pemakaian bahan penyerap harus didasari pemahaman akan fungsi akustik ruang: (1) Mengubah gelombang bunyi menjadi kalor, ditunjukkan dengan adanya pori-pori, (2) Mengubah gelombang bunyi menjadi mekanis (resonansi), ditunjukkan dengan bahan yang lembek dan mudah bergetar.⁹

Untuk bunyi berfrekuensi tinggi, penghalang akan menciptakan bayangan akustik (*acoustic shadow*), yakni daerah dimana gelombang bunyi dilemahkan karena kehadiran akustik absorber atau reflektor di jalur gelombang bunyi. Untuk frekuensi rendah penghalang akan menciptakan pembiasan akustik (*acoustic defraction*).¹⁰

Tabel 2.2. Jenis peredam dan kegunaannya¹¹

No	Jenis Peredam	Kegunaan
1	Peredam berpori dan berserat	Baik untuk meredam frekuensi tinggi. Harus tebal untuk meredam frekuensi rendah.
2	Peredam membran	Baik untuk meredam frekuensi rendah.
3	Peredam resonan	Dapat disesuaikan untuk meredam, frekuensi tertentu.
4	Peredam panel berongga (<i>Helmholtz resonators</i>)	Merupakan perpaduan peredam berpori dan resonan, baik untuk meredam frekuensi menengah.

⁹ *Ibid*, h. 279-280.

¹⁰ *Ibid*, h. 278

¹¹ *Ibid*, h. 280.

Berdasarkan tabel 2.2 di atas, material penyerap bunyi dibagi empat jenis yaitu material berpori dan berserat, membran, resonan, dan panel berongga atau perpaduan material berpori dan resonan. Dari keempat jenis bahan tersebut, material berporilah yang sering digunakan untuk mengurangi kebisingan karena material berpori relatif lebih murah dan ringan dibanding jenis peredam lain. Material berpori mempunyai celah, rongga yang sempit dan saling merekat. Disinilah terjadi mekanisme redaman viskous. Redaman viskous adalah mekanisme peredam ulang paling umum digunakan untuk analisis getaran. Ketika sistem mekanik bergetar dalam medium gas, perlawanan yang diakibatkan oleh gas bergerak ke arah material sehingga terjadi perubahan energi, dari energi getar menjadi energi panas. Daya penyerapan dari suatu jenis material adalah fungsi dari frekuensi. Panel absorber merupakan bahan tidak porus (tidak berpori) yang dipasang dengan lapisan udara dibagian belakangnya. Bergetarnya panel ketika menerima energi bunyi serta transfer energi getaran tersebut ke lapisan udara menyebabkan terjadinya penyerapan bunyi. Resonator berongga dapat dirancang seperti rongga udara dengan volume tertentu berdasarkan efek *Resonator Helmholtz*.

6. Frekuensi Bunyi

Frekuensi bunyi (*sound frequency*) adalah jumlah getaran per detik dan diukur dengan Hz (hertz). Frekuensi menentukan tinggi rendahnya bunyi. Semakin tinggi frekuensi, semakin tinggi bunyi.¹²

¹² *Ibid*, h. 265.

Kebanyakan bunyi (pembicaraan, musik, bising) terdiri dari banyak frekuensi, yaitu komponen-komponen frekuensi rendah, tengah, dan medium. Karena itu amatlah penting memeriksa masalah-masalah akustik meliputi spektrum frekuensi yang dapat didengar. Frekuensi standar yang dipilih secara bebas sebagai wakil yang penting dalam akustik lingkungan adalah 125, 250, 500, 1000, 2000, dan 4000 Hz atau 128, 256, 512, 1024, 2048 dan 4096 Hz.¹³

Percakapan manusia (*human speech*) berada di antara frekuensi 600-4000 Hz. telinga manusia paling peka terhadap rentang frekuensi antara 100-3200 Hz. (panjang gelombang antara 10 cm – 3 m). kepekaan telinga manusia berbeda untuk frekuensi yang berbeda. Dengan energi yang sama, frekuensi tinggi lebih mudah didengar (ini salah satu alasan kenapa peluit bernada tinggi). Sedangkan bunyi frekuensi rendah merambat lebih jauh. Ini menjelaskan mengapa dari kejauhan kita dapat mendengar bunyi bas dengan lebih baik. Jarak sumber bunyi mengurangi tingkat kekuatan bunyi karena energi bunyi diserap oleh molekul-molekul media rambatannya. Hal ini terutama terasa pada bunyi frekuensi tinggi. Rentang tingkat bunyi sebuah orchestra antara 25-100 dB.

Di daerah pedesaan, bunyi-bunyi alami (agin, aliran sungai, burung, gemerisik dedaunan) jarang menjadi kebisingan karena jarang melewati ambang batas pendengaran. Letak bangunan yang berjauhan, ruang-ruang terbuka, serta pepohonan, membantu meredam bunyi. Di

¹³ L. Leslie Doelle, *Akustik Lingkungan*, (terj.) Lea Prasetya, Surabaya: Erlangga, 1985, h. 15.

pedesaan, masyarakat lebih saling mengenal daripada di perkotaan. Oleh karena itu di desa setiap bunyi mengandung simbol-simbol yang sangat dikenali oleh masyarakat. Di perkotaan bunyi dari lingkungan saling asing, menjadi potensi gangguan.

Di daerah tropis, masyarakat banyak beraktivitas di luar rumah. Perkembangan budayanya berbeda dengan masyarakat daerah dingin yang lebih banyak di dalam rumah. Penanganan akustik ruang luar lebih sulit daripada ruang dalam. Budaya akan memengaruhi tingkat kebisingan. Untuk budaya masyarakat yang suka bersosialisasi di luar ruangan (sambil menyanyi, bercakap-cakap, dan memainkan alat musik), toleransi terhadap kebisingan lebih tinggi daripada masyarakat yang menjunjung tinggi *privasi*. Di area pemukiman negara tropis berkembang, tingkat kebisingan 65-70 dBA masih dianggap wajar. Sedang untuk masyarakat negara dingin maju, tingkat kebisingan tersebut sudah sangat mengganggu. Mereka mempunyai standar 40-45 dBA. Untuk masyarakat yang suka berkumpul, kesunyian akan menjadikan perasaan terisolasi.

Angin dapat mendistorsi bunyi. Bunyi searah arah angin akan dipercepat, sedangkan bunyi berlawanan arah angin akan diperlambat. Selain itu, suhu juga memengaruhi bunyi. Suhu udara memengaruhi kecepatan rambat bunyi. Semakin tinggi suhu udara, semakin tinggi kecepatan bunyi.

Untuk bunyi frekuensi tinggi, penghalang akan menciptakan bayangan akustik (*acoustic shadow*); untuk bunyi frekuensi rendah

penghalang akan menciptakan pembiasan akustik (*acoustic defraction*). Penghalang bunyi (*sound barrier*) lebih efektif bila diletakkan di dekat sumber bunyi. Dinding pembatas ruang setengah tinggi dapat mengurangi kebisingan hingga 8-10 dB. Bila penggunaan bahan massif untuk penghalang bunyi tidak praktis maka dapat digunakan bahan yang terdiri atas susunan beberapa lapisan bahan. Pengurangan terbesar transmisi bunyi adalah pada permukaan bahan, yaitu pada perbedaan kerapatan bunyi.¹⁴

7. Tekanan dan Intensitas Bunyi

Apabila gelombang bunyi melalui suatu medium, maka gelombang bunyi mengadakan suatu penekanan. Satuan tekanan bunyi adalah mikro bar ($0,1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ dyne/cm}^2$) ($1 \text{ mikro bar} = 10^{-6} \text{ atmosfer}$).¹⁵

Penyimpangan dalam tekanan atmosfer yang disebabkan getaran partikel udara karena adanya gelombang bunyi yang disebut tekanan bunyi. Telinga tanggap terhadap jangkauan tekanan bunyi yang sangat lebar, walaupun tekanannya sendiri kecil.¹⁶

Skala standar yang digunakan untuk mengukur tekanan bunyi dalam akustik fisis mempunyai jangkauan yang lebar, yang menyebabkan susah digunakan. Tingkat tekanan bunyi diukur oleh meter tingkat bunyi (*sound level meter*) yang terdiri dari mikrofon, penguat dan instrumen keluaran atau (*Output*) yang mengukur tingkat tekanan bunyi efektif dalam desibel.

¹⁴ Prasasto Satwiko, *Fisika Bangunan*, Yogyakarta: ANDI, 2009, h. 277-278

¹⁵ Gabril, *Fisika Bangunan*, Jakarta: Hipokrates, 2001, h. 163.

¹⁶ L. Leslie Doelle, *Akustik Lingkungan*, (terj.) Lea Prasetya, Surabaya: Erlangga, 1985, h. 18

Intensitas suatu gelombang bunyi pada suatu permukaan adalah laju rata-rata energy (daya rata-rata) persatuan luas yang dipindahkan oleh gelombang melewati atau kepermukaan.¹⁷

$$I = \frac{\text{energi}/\text{waktu}}{\text{luas}} = \frac{\text{daya rata-rata}}{\text{luas bola}} \quad (2.20)$$

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (2.21)$$

8. Taraf Intensitas Bunyi

Karena rentang intensitas yang dapat ditangkap telinga demikian luas dan karena rangsangan psikologis kenyaringan tidak berubah-ubah secara langsung terhadap intensitas, tetapi lebih mendekati logaritmik, maka suatu skala logaritmik digunakan untuk menyatakan tingkat intensitas gelombang bunyi.¹⁸

Taraf intensitas bunyi atau level bunyi adalah logaritma perbandingan antara intensitas bunyi dengan intensitas ambang, satuannya adalah desibel (dB). Batas terendah (ambang pendengaran) intensitas bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia, pada frekuensi 1.000 Hz nilainya sekitar 10^{-12} W/m^2 . Ambang perasaan (rasa sakit) atau level intensitas, besarnya adalah 1 W/m^2 .¹⁹

Tingkat intensitas β yang diukur dalam decibel (dB) didefinisikan oleh:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (2.22)$$

¹⁷ David Halliday, *Fisika Dasar Edisi Ketujuh Jilid 1*, Jakarta: Erlangga, 2010, h. 487.

¹⁸ Paul A. Tipler, *Fisika Untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 1*, (terj.) Prasetio, Jakarta: Erlangga, 1998, h. 514

¹⁹ Yohanes Surya, *Seri Bahan Persiapan Olimpiade Fisika Getaran dan Gelombang*, Tangerang: PT. Kandel, 2009, hal. 143

Dengan I adalah intensitas bunyi dan I_0 adalah intensitas acuan, yang akan kita ambil sebagai ambang pendengaran:

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \quad (2.23)$$

Pada skala ini, ambang pendengaran adalah

$$\beta = 10 \log \frac{I_0}{I_0} = 0 \text{ dB} \quad (2.24)$$

Dan ambang sakit adalah

$$\beta = 10 \log \frac{1}{10^{-12}} = 10 \log 10^{12} = 120 \text{ dB} \quad (2.25)$$

Jadi, rentang intensitas bunyi dari 10^{-12} W/m^2 hingga 1 W/m^2 bersesuaian dengan rentang intensitas dari 0 dB hingga 120 dB. Tabel 2.3 memberikan tingkat intensitas dari beberapa bunyi yang lazim.

Tabel 2.3. beberapa bunyi yang lazim²⁰

Sumber	I/I_0	dB	Keterangan
	10^0	0	Ambang pendengaran
Bernapas normal	10^1	10	Hamper tidak terdengar
Daun berdesir	10^2	20	
Bisikan lembut (pada jarak 5 m)	10^3	30	Sangat tenang
Perpustakaan	10^4	40	
Kantor tenang	10^5	50	Tenang
Percakapan biasa (pada jarak 1 m)	10^{-6}	60	
Lalulintas ramai	10^7	70	
Kantor bising dengan mesin-mesin pabrik biasa	10^8	80	
Truk berat (pada jarak 15 m); air	10^9	90	Pemaparan konstan

²⁰ Paul A. Tipler, *Fisika Untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 1*, (terj.) Prasetio, Jakarta: Erlangga, 1998, h. 515

terjun Niagara			merusak pendengaran
Kereta tua	10^{10}	100	
Kebisingan konstruksi	10^{11}	110	
Konser rock dengan amplifier (pada jarak 2 m); jet tinggal landas (pada jarak 60 m)	10^{12}	120	Ambang rasa sakit
Senapan mesin	10^{13}	130	
Jet tinggal landas (jarak dekat)	10^{15}	150	
Mesin roket besar (jarak dekat)	10^{18}	180	

9. Pemantulan Bunyi (refleksi)

Sama halnya dengan gelombang pada umumnya, bila gelombang bunyi sampai kesuatu permukaan, maka sebagian gelombang bunyi akan dipantulkan dan sebagian yang lain akan ditransmisikan. Peristiwa ini terjadi ketika suatu bunyi diudara menumbuk suatu permukaan padat atau cair. Berkas yang terpantul membentuk sudut dengan garis normal permukaan yang besarnya sama dengan sudut berkas datang, sebaliknya berkas yang ditransmisikan akan dibelokkan atau menjauh dari garis normal, bergantung pada apakah laju gelombang dalam medium kedua lebih kecil atau lebih besar daripada laju gelombang dalam medium datang. Pemantulan bunyi mengikuti hukum pemantulan yaitu sudut datang sama dengan sudut pantul.²¹

²¹ Paul A. Tipler, *Fisika Untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 1*, (terj.) Prasetio, Jakarta: Erlangga, 1991, h. 532.

Jumlah energi bunyi yang dipantulkan dari permukaan, bergantung pada permukaan itu sendiri. Permukaan-permukaan keras seperti dinding, lantai dan langit-langit datar dapat menjadi pemantul yang baik. Sebaliknya, bahan-bahan yang kurang tegar dan berpori seperti kain tirai dan taplak perabotan akan menyerap bunyi datang. Makin keras permukaan makin baik kemampuan memantulkan bunyi yang jatuh padanya.

Refleksi (pemantulan) gelombang bunyi memainkan peran penting dalam perancangan ruang. Sifat pemantulan bunyi dapat menimbulkan masalah untuk beberapa hal tertentu. Akan tetapi dapat pula digunakan untuk beberapa keperluan. Pemantulan bunyi pada dinding dalam ruangan dapat menyebabkan terjadinya gaung yang menyebabkan bunyi orang yang berbicara tidak jelas. Pada peristiwa pemantulan, tiap suku kata yang diucapkan diikuti oleh bunyi pantulan suku kata tersebut. Bunyi asli dan bunyi pantul berbaaur menjadi suatu yang tidak jelas.²²

10. Penyebaran Bunyi

Bila tekanan bunyi disuatu auditorium sama dan gelombang bunyi dapat merambat dalam semua arah, maka medan bunyi dikatakan serba sama atau homogen, dengan perkataan lain, terjadi penyebaran bunyi dalam ruang tersebut. Penyebaran atau difusi bunyi yang cukup adalah ciri akustik yang diperlukan pada jenis-jenis ruang tertentu, karena ruang-

²² L Leslie Doelle, *Akustik Lingkungan*, (terj.) Lea Prasetia, Surabaya: Erlangga, 1985, h. 26.

ruang itu membutuhkan distribusi bunyi yang merata dan menghalangi terjadinya cacat akustik yang tak diinginkan.

Difusi dapat diciptakan dengan beberapa cara sebagai berikut:²³

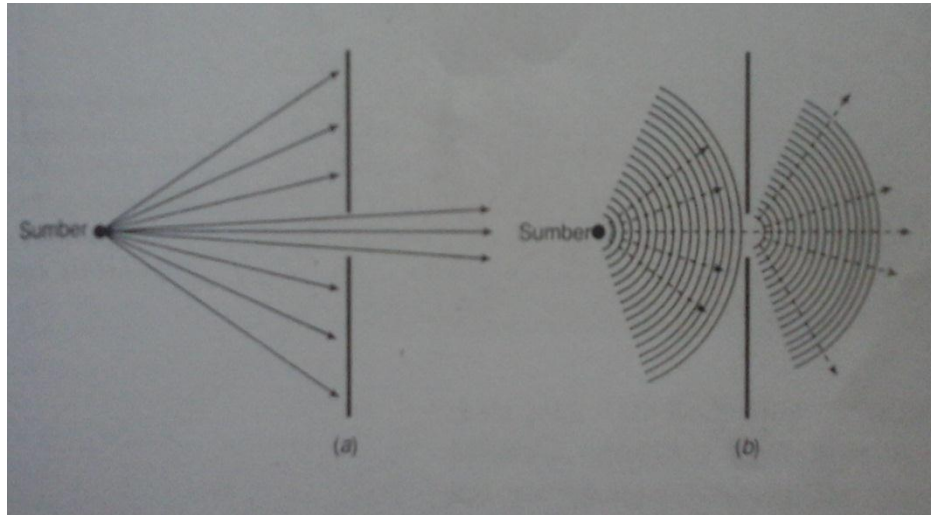
- a. Pemakaian permukaan dan elemen penyebar yang tak teratur dalam jumlah yang banyak sekali, seperti plaster, pier, balok-balok terpanjang, langit-langit yang terkotak-kotak, pagar balkom yang dipahat, dan dinding-dinding yang bergeriji.
- b. Penggunaan lapisan permukaan pemantul bunyi dan penyerap bunyi secara bergantian.
- c. Distribusi lapisan penyerap bunyi yang berbeda secara tak teratur dan acak.

11. Difraksi Bunyi

Bila sebagian gelombang dipenggal oleh suatu penghalang, penjalaran gelombang menjadi rumit. Penjalaran gelombang sungguh berbeda dengan penjalaran aliran partikel. Pada gambar 2.2a, anak-panah menunjukkan aliran partikel yang mengenai perintang dengan lubang kecil atau celah. Partikel-partikel yang menembus lubang ini akan terbatas hanya pada suatu sudut yang kecil. Pada gambar 2.2b, anak-panah menunjukkan berkas-berkas yang menyatakan penjalaran gelombang lingkaran menuju perintang. Setelah melewati perintang, berkas akan membelok melengkungi pinggir-pinggir lubang kecil tersebut.

²³*Ibid*, h. 27

Pembelokkan berkas ini, yang hingga batas tertentu selalu terjadi ketika sebagian muka gelombang dibatasi.²⁴



Gambar 2.2a-2.2b. difraksi bunyi

12. Penyerapan Bunyi

Bahan lembut, berpori, dan kain serta manusia menyerap sebagian besar gelombang bunyi yang menumbuk mereka, dengan kata lain, mereka adalah penyerap bunyi. Penyerapan bunyi adalah perubahan energi bunyi menjadi suatu bentuk lain, biasanya panas ketika melewati suatu bahan atau ketika menumbuk suatu permukaan. Jumlah panas yang dihasilkan pada perubahan energi ini sangat kecil, sedangkan kecepatan perambatan gelombang bunyi tidak dipengaruhi oleh penyerapan.

Sebenarnya semua bahan bangunan menyerap bunyi sampai batas tertentu, tetapi pengendalian bahan akustik yang baik membutuhkan penggunaan bahan-bahan dengan tingkat penyerapan bunyi yang baik.

²⁴ Paul A. Tipler, *Fisika Untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 1*, (terj.) Prasetio, Jakarta: Erlangga, 1991, h. 533.

Dalam akustik lingkungan unsur-unsur berikut dapat menunjang penyerapan bunyi:

- a. Lapisan permukaan dinding, lantai, dan atap.
- b. Isi ruang, seperti ponoton, bahan tirai, tempat duduk dengan lapisan lunak dan karpet.
- c. Udara dan ruang.

Efisiensi penyerapan bunyi suatu bahan pada suatu frekuensi tertentu dinyatakan oleh koefisiensi penyerapan bunyi. Koefisiensi penyerapan bunyi suatu permukaan adalah bagian energi bunyi yang datang yang diserap, atau tidak dipantulkan oleh permukaan. Koefisiensi ini dinyatakan dalam huruf greek α . Nilai α dapat berada antara 0 dan 1.²⁵

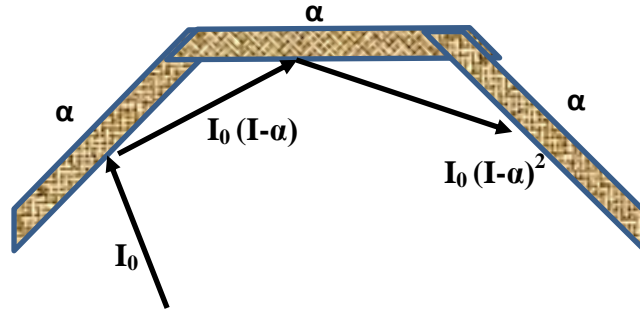
Pada sistem gelombang bunyi diperlukan suatu waktu tertentu sesudah sumber bunyi mulai bekerja agar intensitasnya dalam ruang menjadi konstan, atau mencapai keadaan setimbang. Jadi, walaupun sumber tadi harus terus menerus memeberikan energi namun bertambahnya energi bunyi dalam ruangan tersebut bukan tidak ada batasnya. Ini disebabkan karena tidak adanya penyerapan bunyi. Jika sumber bunyi tiba-tiba dihentikan, bunyi tidak segera lenyap, karena energi dalam ruangan itu memerlukan waktu untuk sampai pada dinding lalu diserap oleh dinding. Menetapkan adanya bunyi dalam ruangan sesudah sumbernya diputuskan disebut keredam (reveberetion). Waktu keredam sebuah ruangan didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan

²⁵ L Leslie Doelle, *Akustik Lingkungan*, (terj.) Lea Praselia, Surabaya: Erlangga, 1985, h.

intensitas untuk turun menjadi seperjuta dari harga awalnya, atau supaya taraf intensitas berkurang sampai 60 dB. Waktu ini hampir tidak tergantung dari taraf intensitas awal dan dari kualitas bunyi.

Jika serapan bunyi besar, waktu keredam singkat. Jika demikian halnya, maka taraf intensitas bunyi yang dapat dibangkitkan oleh sumber dengan daya akustik tertentu, misalnya seorang pembicara rendah adanya dan seorang pembicara sukar dapat didengar diseluruh ruangan karena intensitas rendah itu, ruangan demikian disebut mematikan bunyi. Sebaliknya, jika serapan dan waktu keredam panjang, kata-kata pembicara mungkin menjadi tidak jelas, karena selagi suku kata masih tetap terdengar dengan intensitas cukup, suku kata yang berikut diucapkan. Untuk memenuhi syarat-syarat akustik yang baik, waktu keredam harus terletak antara satu dan dua detik.

Secara kuantitatif, penyerapan oleh suatu permukaan ditentukan sebagai berikut. Jika gelombang bunyi sampai pada suatu permukaan padat atau cair, maka sebagian gelombang bunyi, misalnya α , diserap dan sisanya $(1 - \alpha)$ dipantulkan. Jika I_0 adalah intensitas gelombang datang (I_0 ini bukan taraf intensitas pembanding $I_0 = 10^{-12}$ watt/m² atau 0 dB), maka setelah intensitas tersebut dipantulkan sekali I_0 menjadi $I_0 (1 - \alpha)$. Setelah dua kali pantulan, $I_0 (1 - \alpha)^2$, dan begitu selanjutnya.



Gambar 2.3. Intensitas bunyi pantulan

Untuk menentukan intensitasnya setelah waktu t . Ini dapat dilakukan dengan menentukan suatu jarak rata-rata antara pantulan-pantulan pada umumnya, yaitu:

$$4 \times \frac{\text{Volume ruangan}}{\text{Luas ruangan}} \quad (2.26)$$

jarak ini setara dengan $2/3$ panjang rusuk ruangan jika ruangan berbentuk kubus.²⁶

Selama waktu t , gelombang merambat sejauh vt dan jumlah pantulan selama waktu ini sama dengan jarak yang dilintasi dibagi dengan jarak rata-rata antara pantulan-pantulan. Jadi intensitas I pada saat t adalah,

$$I = I_0(1 - \alpha)^{\left(\frac{vt}{4}\right) \times \left(\frac{\text{luas}}{\text{volume}}\right)} \quad (2.27)$$

waktu keredam didefinisikan sebagai waktu pada saat

$$I = 10^{-6} \times I_0 \quad (2.28)$$

andaikan waktu keredam diberi tanda T maka,

$$10^{-6} \times I_0 = I_0(1 - \alpha)^{\left(\frac{vt}{4}\right) \times \left(\frac{\text{luas}}{\text{volume}}\right)} \quad (2.29)$$

²⁶ Francis Weston Sears dan Mark W. Zemansky, *Fisika Untuk Universitas I Mekanika Panas Bunyi*, (terj.) Sodarjana, Jakarta: Bina Cipta, 1970, h. 573.

atau dengan mengambil logaritma asli kedua ruas,

$$2,3 \times (-6) = \left(\frac{vt}{4}\right) \times \left(\frac{\text{luas}}{\text{volume}}\right) \ln(1 - \alpha) - \left(\frac{\alpha^2}{2}\right) \quad (2.30)$$

Selanjutnya,

$$\ln(1 - \alpha) = \alpha - \left(\frac{\alpha^2}{2}\right) + \left(\frac{\alpha^3}{3}\right) + \dots \quad (2.31)$$

Dengan mengambil suku pertama pada persamaan (2.31), diperoleh pendekatan,

$$T = 0,16 \times \frac{\text{Volume}}{\text{luas} \times \alpha} \quad (2.32)$$

(T dinyatakan dengan detik, volume dengan meter kubik, luas dengan meter persegi) dengan demikian,

$$\alpha = \frac{I}{I_0} = B_0 \sin(\omega t - kx) + B_0 \sin(\omega t + kx) \quad (2.33)$$

$$\alpha = 2B_0 \sin(\omega t) \cos \alpha \quad (2.34)$$

Dalam penurunan diatas angka serapan dianggap sama untuk semua permukaan ruang. Jika tidak demikian, suku luas x α harus diganti dengan,

$$A_1 \alpha_1 + A_2 \alpha_2 + \dots = \Sigma A_1 \alpha_1 \quad (2.35)$$

Arti dari A_1 A_2 , dan seterusnya adalah permukaan angka serapannya.²⁷

13. Koefisien Penyerapan Bunyi

Persamaan koefisien penyerapan bunyi dapat kita selesaikan menggunakan uraian dari koefisien atenuasi linear, dimana suatu bahan serap radiasi tergantung pada jenis bahan dan energi sinar gamma. Proses atenuasi sinar gamma yang berinteraksi dengan penahan radiasi mengikuti fungsi eksponensial. Pada hamburan elastis berlaku hukum kekekalan

²⁷ *Ibid*, h. 573

energi bahwa jumlah energi kinetik neutron dan inti atom sebelum tumbukan sama dengan sesudah tumbukan. Bila neutron dengan intensitas I menembus bahan setebal x cm, maka akan terjadi pengurangan neutron sebanyak dI , dan ditulis dalam persamaan : ²⁸

$$dI = -I \cdot n \cdot \sigma \cdot dx \quad (2.36)$$

dI = perubahan di dalam intensitas

I = intensitas awal

n = banyaknya atom/cm³

dx = perubahan ketebalan material

Dengan cara integrasi, persamaan ini menjadi,

$$I = I_0 e^{-n\sigma x} \quad (2.37)$$

Banyaknya atom/cm³ (n) umumnya dikombinasikan untuk menghasilkan koefisien atenuitas linier. Oleh karena itu persamaanya menjadi,

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (2.38)$$

I = intensitas satuan energi dalam cahaya memancarkan ke jalur lain
beberapa jarak x

I_0 = intensitas awal energy dalam cahaya

μ = koefisien atenuasi linier

x = tebal penahan

persamaan diatas akan kita terapkan pada perhitungan koefisien penyerapan bunyi, sehingga persamaanya menjadi,

²⁸ Widarto, Y. Sardjono, "Analisis karakteristik Faktor Atenuasi Grafit, Parafin, dan Boron Untuk Bahan Perisai Radiasi Neutron Termal", Seminar Nasional II SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta: Pustek Akselerator dan Proses Bahan (BATAN), hal. 99

$$I = I_0 e^{-\alpha x} \quad (2.39)$$

I = intensitas bunyi setelah melewati sampel (dB)

I_0 = intensitas bunyi sebelum melewati sampel (dB)

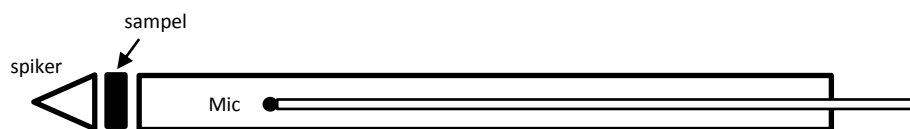
α = koefisien penyerapan bunyi

x = ketebalan rintangan atau sampel penyerap bunyi (cm)

14. Tabung Resonansi

Tabung resonansi digunakan untuk melakukan percobaan fisika tentang bunyi. Alat tabung resonansi dilengkapi dengan penguat suara yang bisa dihubungkan dengan Audio Frekuensi Generator (*AFG*) sebagai sumber bunyi. Alat juga dilengkapi dengan sebuah mikropon yang terhubung dengan Sound Level Meter (*SLM*), yang bisa diatur posisinya.

Mikropon diletakkan pada area gelombang bunyi dengan jarak disesuaikan dengan letak rapatan bunyi maksimum. Sedangkan sampel diletakkan tepat didepan sumber suara.



Gambar 2.4. Konstruksi tabung resonansi.

15. Buah Nipah

Nipah adalah sejenis palem (palma) yang tumbuh dilingkungan hutan mangrove atau daerah pasang surut dekat tepi laut. Di beberapa negara lain, tumbuhan ini dikenal dengan nama Attap palm (Singapura), Nipa palm (Filipina), atau umumnya disebut Nipah palm. Nama ilmiahnya

adalah *Nypa fruticans* Wurmb, dan diketahui sebagai satu-satunya anggota genus Nipah. Juga merupakan satu-satunya jenis palma dari wilayah mangrove. Fosil serbuk sari palma ini diketahui dari sekitar 70 juta tahun yang silam.

Batang pohon Nipah membentuk rimpang yang terendam oleh lumpur. Akar serabutnya dapat mencapai panjang 13 m. Panjang anak daun dapat mencapai 100 cm dan lebar daun 4-7 cm. Daun Nipah yang sudah tua berwarna kuning, sedangkan daunnya yang masih muda berwarna hijau. Banyaknya anak daun dalam tiap tandan mencapai 25-100 helai. Setiap rumpun pohon Nipah mampu menghasilkan sekitar 4 tangkai pada waktu bersamaan.²⁹



Gambar 2.5. Buah Nipah³⁰

²⁹ Rosdiana Natsir, *Hubungan Salinitas Perairan Dengan Kuantitas Bioetanol Yang Dihasilkan Oleh Nipah (Nypa Fruticans) Pada Berbagai Metode*, Skripsi S1, Makasar: UHM, 2013, h. 9

³⁰ <https://id.wikipedia.org/wiki/Nipah>, 20/03/2015

Klasifikasi tanaman ini ditunjukkan pada tabel.

Tabel 2.4. Klasifikasi tumbuhan Nipah³¹

Regnum	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classis	Liliopsida
Ordo	Arecales
Familia	Arecaceae
Genus	Nypa
Spesies	<i>Nypa fruticans</i>

Buah, tipe buah batu dengan mesokarp bersabut, bulat telur terbalik dan gepeng dengan 2-3 rusuk, coklat kemerahan, 11 x 13 cm, terkumpul dalam kelompok rapat menyerupai bola berdiameter sekitar 30 cm. Struktur buah berbentuk bulat, warna coklat, kaku dan berserat. Pada setiap buah terdapat satu biji berbentuk telur. Ukuran diameter kepala buah sampai 45 cm. diameter biji: 4-5 cm.

16. Hubungan Buah Nipah Dengan Penyerapan Bunyi

Nipah dengan jaringan serat yang saling berhubungan menjadikannya salah satu bahan yang dapat meredam kebisingan. Sebagai mana karakteristik akustik dasar semua bahan berpori adalah mempunyai jaringan serat dengan pori-pori yang saling berhubungan. Bahan berpori yang biasa digunakan antara lain seperti papan serat (fiber board), plesteran lembut (soft plasters), mineral wools, selimut isolasi dan karpet.

³¹ Rosdiana Natsir, *Hubungan Salinitas Perairan Dengan Kuantitas Bioetanol Yang Dihasilkan Oleh Nipah (Nypa Fruticans) Pada Berbagai Metode*, Skripsi S1, Makasar: UHM, 2013, h. 10-11

17. Tumbuh-tumbuhan Dalam Perspektif Islam

Allah SWT. Telah menciptakan berbagai macam tumbuhan, sebagaimana yang difirmankan dalam surat asy Syu'araa ayat 7,

وَلَا يَذْكُرُ الْإِنسَانُ الْمِيزَانَ
وَهُوَ الْكَافِرُ الْغَافِلُ
وَلَا يَذْكُرُ الْإِنسَانُ الْمِيزَانَ
وَهُوَ الْكَافِرُ الْغَافِلُ
وَلَا يَذْكُرُ الْإِنسَانُ الْمِيزَانَ
وَهُوَ الْكَافِرُ الْغَافِلُ

Artinya: “Dan Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?” (QS. Asy Syu'araa :7)

Tafsir al-Misbah oleh M. Quraish Shihab menafsirkan ayat di atas sebagai berikut:

وَلَا يَذْكُرُ الْإِنسَانُ الْمِيزَانَ وَالْإِنسَانُ الْكَافِرُ الْغَافِلُ
وَلَا يَذْكُرُ الْإِنسَانُ الْمِيزَانَ وَالْإِنسَانُ الْكَافِرُ الْغَافِلُ

Apakah mereka tidak melihat ke bumi, merupakan kata yang mengandung makna batas akhir. Ia berfungsi memperluas arah pandang hingga batas akhir, dengan demikian ayat ini mengundang manusia untuk mengarahkan pandangan hingga batas kemampuannya sampai mencakup seantero bumi, dengan aneka tanah dan tumbuhannya dan aneka keajaiban yang terhampar pada tumbuh-tumbuhannya.

Kata (*zauujin*) berarti pasangan. Pasangan yang dimaksud ayat ini adalah pasangan tumbuh-tumbuhan, karena tumbuhan muncul dicelah-celah tanah yang terhampar di bumi. Dengan demikian ayat ini mengisyaratkan bahwa tumbuh-tumbuhan memiliki pasanga-pasangan guna pertumbuhan dan perkembangannya. Ada tumbuhan yang memiliki benang sari dan putik sehingga menyatu dalam diri pasangannya dan

dalam penyerbukannya ia tidak membutuhkan pejantan dan bunga lain. Dan ada juga yang hanya memiliki salah satunya saja sehingga membutuhkan pasangannya. Yang jelas, setiap tumbuhan memiliki pasangannya, dan itu dapat terlihat kapan saja bagi siapa yang ingin menggunakan matanya. Karena itu ayat di atas memulai dengan pertanyaan apakah mereka tidak melihat, pertanyaan yang mengandung unsur kebenaran terhadap mereka yang tidak memfungsikan matanya untuk melihat bukti yang sangat jelas itu.

Kata (*kariimin*) antara lain digunakan untuk menggambarkan segala sesuatu yang baik bagi setiap obyek yang disifatinya. Tumbuhan yang baik, paling tidak adalah yang subur dan bermanfaat.³²

B. Penelitian Yang Relevan

Pada penelitian sebelumnya, Priyono melakukan penelitian karakteristik akustik berbahan serat enceng gondok dengan variasi ketebalan dengan judul, *Pengukuran Koefisien Absorpsi dan Impedansi Bunyi Bahan Serat Enceng Gondok Dengan Metode Tabung Impedansi Menggunakan Dua Mikropon*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bahan serat eceng gondok memiliki koefisien absorpsi bunyi yang cenderung mendekati koefisien absorpsi bunyi bahan *glasswool*.³³

³² M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Misbah Volume 9*, Jakarta: Lentera, 2009, hal.187-188.

³³ A. Priyono, *Pengukuran Koefisien Absorpsi dan Impedansi Bunyi Bahan Serat Enceng Gondok Dengan Metode Tabung Impedansi Menggunakan Dua Mikropon*, Skripsi Fisika S1, diedit dalam Sita Agustina Anggraini, *Pengujian Serapan Akustik Blok Berbahan Dasar Ampas Tebu*, Skripsi Fisika S1. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta, 2010, h. 2, td.

Kemudian oleh mahasiswa Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Evi Indrawati dengan judul *Koefesien Penyerapan Bunyi Bahan Akustik Dari Pelepah Pisang Dengan Kerapatan Yang Berbeda*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika UIN Malik Ibrahim Malang pada bulan Agustus 2009.

Data yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa ada pengaruh kepadatan terhadap nilai koefisien bahan akustik dari pelepah pisang yaitu semakin padat bahan yang digunakan semakin besar nilai koefisien yang dihasilkan, dengan kepadatan 700 g mempunyai nilai koefisien 0,1176 dan kepadatan 840 g mempunyai nilai koefisein 0,2522.³⁴

Selanjutnya hasil penelitian mahasiswa Universitas Sebelas Maret Surakarta, Restu Kristiani denga judul, *Pengujian Kinerja Akustik Panel Sandwich Berbasis Paduan Ampas Tebu Dengan Facing Sheet Micro Perforated Panel (Mpp) Bambu*. Dalam penelitian ini dilakukan variasi tiga dan enam konfigurasi resonator serta variasi MPP bambu tiga dan enam lubang. Hasil penelitia ini menunjukkan bahwa komposit ampas tebu dengan konfigurasi enam resonator memiliki kinerja serapan bunyi terbaik. Adapun pengaruh ketebalan sampel adalah menggeser penyerapan bunyi efektif pada frekuensi rendah sementara penggunaan resonator akan melebarkan rentang frekuensi penyerapan sehubungan dengan bertambahnya mekanisme redaman viskous bersamaan dengan mekanisme serapan resonansi. Penambahan *facing sheet* MPP bambu menghasilkan nilai koefisien serapan bunyi yang menurun.

³⁴ Evi Indrawati. "Koefesien Penyerapan Bunyi Bahan Akustik Dari Pelepah Pisang Dengan Kerapatan Yang Berbeda", Skripsi S1, Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, 2009, h. xiii, t.d.

Hal ini disebabkan *facing* bambu yang digunakan memiliki kerapatan permukaan yang tinggi.³⁵

Juga penelitian yang dilakukan mahasiswa Universitas Sumatra Utara, Felix Asade dan Ikhwan Isranuri, dengan judul *Perancangan Tabung Impedansi Dan Kajian Eksperimental Koefesien Serap Bunyi Paduan Aluminium-magnesium*. Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan nilai penyerapan bunyi dengan bertambahnya kandungan magnesium. Nilai koefesien absorpsi paling baik pada paduan aluminium-magnesium terjadi pada frekuensi menengah dan tinggi.³⁶

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa Universitas Negeri Padang (UNP), Wahyudi Hidayat dan kawan-kawan yang berjudul, *Pengaruh Kerapatan Terhadap Koefesien Absorpsi Bunyi Papan Partikel Serat Daun Nenas*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan koefesien penyerapan rata-rata secara keseluruhan berkisar antara 0,09-0,83. Nilai koefesien penyerapan rata-rata meningkat seiring dengan bertambahnya frekuensi.³⁷

³⁵ Restu Kristiani, “*Pengujian Kinerja Akustik Panel Sandwich Berbasis Paduan Ampas Tebu Dengan Facing Sheet Micro Perforated Panel (Mpp) Bambu*”, Skripsi S1, Surakarta: UNS, 2013, h.

³⁶ Felix Asade dan Ikhwan Isranuri, “*Perancangan Tabung Impedansi Dan Kajian Eksperimental Koefesien Serap Bunyi Paduan Aluminium-magnesium*”, Jurnal, Medan: USU, 2013, h. 90

³⁷ Wahyudi Hidayat dkk, “*Pengaruh Kerapatan Terhadap Koefesien Absorpsi Bunyi Papan Partikel Serat Daun Nenas*”, Jurnal, Padang: UNP, 2013, h. 47